

林星宇,李海梅,李彦华,等.灌木滞尘能力与重金属含量间的关系[J].江苏农业科学,2019,47(15):180-183.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.042

灌木滞尘能力与重金属含量间的关系

林星宇,李海梅,李彦华,刘志科

(青岛农业大学园林与林学院,山东青岛 266109)

摘要:选择青岛市城阳区的 8 种灌木,包括海桐(*Pittosporum tobira*)、小叶黄杨(*Buxus sinica*)、珊瑚树(*Viburnum awabuki*)、枸骨(*Ilex cornuta*)、紫叶小檗(*Berberis thunbergii*)、迎春(*Jasminum nudiflorum*)、珍珠绣线菊(*Spiraea thunbergii*)、棣棠(*Kerria japonica*)等,测定其滞尘能力并分析其滞尘量与叶片内重金属含量的关系。结果表明,这 8 种灌木的滞尘能力存在一定差异,其中,小叶黄杨的单位叶面积滞尘量最大,珍珠绣线菊的单位叶面积滞尘量最小,最大值约是最小值的 3 倍,单株滞尘量最大的是小叶黄杨,为 187.364 9 g/株,而最小的是棣棠,仅为 12.166 9 g/株。枝叶茂密、叶量多、总叶面积大的树种,其单株滞尘能力就会越强。通过对 8 种灌木电镜扫描与滞尘量的对比分析得出,叶表面粗糙、具蜡质层、有明显沟槽和瘤状突起、气孔多且开口较大的结构有利于滞尘。8 种灌木对于重金属的富集能力由强到弱排序为枸骨>海桐>珊瑚树>小叶黄杨>珍珠绣线菊>棣棠>紫叶小檗>迎春。8 种灌木叶片中不同重金属含量排序为锌(Zn)>铜(Cu)>镍(Ni)>铅(Pb)>铬(Cr)>镉(Cd),植物滞尘量与叶片内重金属含量之间存在一定的正相关关系,表明叶片的滞尘量越大,叶片中的重金属含量越高。

关键词:灌木;滞尘量;叶表面结构;重金属含量

中图分类号: S718.45;X51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)15-0180-04

近年来,随着城市化和工业化生产的发展,空气污染越来越严重,环境问题越来越成为人们关注的焦点。如今,青岛市已经跻身于我国一线城市行列,其中城阳区作为青岛市重点开发区域,其大气污染程度愈发严重。园林植物可以通过滞留大气粉尘而有效阻滞灰尘,是提升空气质量的有效方法之一。同时研究发现,植物叶片能够吸附空气颗粒物上的重金属,并且滞尘量与重金属含量之间存在一定的相关性,选择滞尘量高且对重金属吸附能力强的树种至关重要。

研究表明,不同植物叶片对空气颗粒物的吸附能力不同。马远等研究表明,圆柏、银杏、油松的滞尘能力差异显著,具体表现为圆柏>银杏>油松^[1]。杨有芹等研究表明,单位叶面积滞尘量相对较高的是鹅掌柴,火棘相对较低^[2]。谢英赞等通过对不同绿地类型常用绿化树种滞尘效应的研究表明,常绿乔木树种的滞尘效应优于落叶乔木树种,乔木树种优于灌木树种^[3]。研究者还对植物滞尘能力大小与叶表面特性的关系进行了分析。赵松婷等研究表明,影响植物叶片滞尘能力的主要微观结构为蜡质结构,因为其叶表面分泌大量黏性物质,会使滞尘量增大^[4]。张桐等对 6 种植物叶片的滞尘能力与其叶面结构的关系进行了测定与分析,结果表明,植物叶片吸附空气中粉尘的能力受叶表面微结构的影响较大,其影

响程度表现为分泌物>沟状组织>凹槽>褶皱>条状突起^[5]。齐飞艳等研究表明,枇杷树叶片上密集的茸毛有利于颗粒物的附着,认为茸毛在叶片微观结构中对滞留大气颗粒物的贡献最大^[6]。

研究表明,植物单位叶面积滞尘量与叶片内的重金属含量存在一定的相关性。李艳芹等通过对照分析洁净区、主城区和工业区树种叶片的重金属含量,得出叶片的重金属含量与植物滞尘量呈正相关,植物叶片的滞尘量越大,相应的叶片重金属含量也会越高^[7]。刘将等研究表明,除镉(Cd)与滞尘量的相关系数较低以外,叶片内铅(Pb)、锌(Zn)、铜(Cu)含量与滞尘量呈极显著或显著正相关关系^[8]。王丹丹等研究表明,除 Cd 以外,滞尘量与叶片重金属含量之间也表现出不同程度的正相关关系^[9]。

灌木对环境不仅具有美化功能,同时又可以有效吸附空气中的粉尘,用作绿篱时,其高度与行人、机动车等污染源的高度相近,对道路空气中灰尘的阻滞及人体健康具有重要意义^[10]。目前,国内尤其是青岛地区对于植物滞尘能力与重金属关系的研究较少。本研究通过对青岛市城阳区 8 种灌木的滞尘能力及其与叶片内重金属含量的关系进行研究,旨在筛选出滞尘能力较强且对重金属富集能力强的灌木树种,以期今后城市绿化中树种的选择与配置提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择青岛市城阳区的青岛农业大学作为试验区域,选取树龄、冠幅、胸径相同或相近且生长状况良好的 8 种灌木作为研究对象,分别为海桐(*Pittosporum tobira*)、小叶黄杨(*Buxus sinica*)、珊瑚树(*Viburnum awabuki*)、枸骨(*Ilex cornuta*)、紫叶小檗(*Berberis thunbergii*)、迎春(*Jasminum nudiflorum*)、珍珠

收稿日期:2018-07-02

基金项目:国家自然科学基金(编号:31100512);青岛农业大学青岛农业大学博士基金(编号:6631116005);青岛农业大学 2017 年研究生创新立项项目(编号:QYC201724)。

作者简介:林星宇(1991—),男,河北沧州人,硕士研究生,研究方向为园林生态学。E-mail:1126698527@qq.com。

通信作者:李彦华,博士,讲师,研究方向为园林生态学。E-mail:525848824@qq.com。

绣线菊 (*Spiraea thunbergii*)、棣棠 (*Kerria japonica*)。

1.2 研究方法

1.2.1 植物样叶的采集 一般认为降雨量达到 15 mm 以上时,就可以冲刷掉植物叶片的降尘,然后重新滞尘^[11]。本试验于 2018 年 4 月 17 日开始,每 3 d (即 3、6、9、12 d)采集 1 次叶片,采集时分别从植株四周的上、中、下部位随机采取叶片,根据叶片大小,每株采叶 20~40 张左右,重复 3 次,在采集过程中不要用手接触叶片,并尽可能避免叶片抖动以免叶片上的颗粒物掉落。

1.2.2 植物单位叶面积滞尘量的测定 在采叶前 1 d 将滤纸放入 65 ℃烘箱中烘至恒质量,用万分之一分析天平称质量 (m_1)。将收集到的叶片倒入烧杯中,用蒸馏水浸泡 2 h 后,用软毛刷轻轻刷洗叶片。充分浸洗后,用镊子将叶片放在报纸上晾干,然后将滤纸置于漏斗上以过滤浸洗液,过滤完全后,将滤纸再放入 65 ℃烘箱中烘干至恒质量,用万分之一分析天平称质量 (m_2), ($m_2 - m_1$) 即为叶片上的总滞尘量。用 Yaxin-1241 便捷式叶面积仪测定叶面积 (S),单位叶面积滞尘量 (Q) 的计算公式: $Q = (m_2 - m_1) / S$ ^[12]。

1.2.3 植物单株总滞尘量的测定 采用分层采样法测定总滞尘量。首先运用目测法进行分层、分级,直至小枝,然后再计算全株叶量。其中先按枝划分,也可先将植株分为几个大枝,接着对各大枝进行分级,直到可以容易计数叶片的标准小枝为止,标准小枝长度近似相等,当调查计数出标准小枝的叶片数量后,再计算全株叶量。全株滞尘量 (m_0) = 标准小枝数 (B) × 标准枝上的叶片数 (Y) × 平均每张叶片滞尘量 (m)^[13]。

1.2.4 植物叶表面微观结构的观测 雨后采集植株上健康的叶片,于密封袋中密封,充气以防止挤压;用干净的剪刀在

叶脉两侧中部取 5 mm × 5 mm 大小的组织块,放入离心管中,立即加入 2.5% 戊二醛固定 4 h 以上,抽真空;配制 60%、70%、80%、90%、100% 乙醇溶液,对样品逐级脱水,最后用叔丁醇置换,冷冻。将冷冻好的植物样品放入冷冻干燥机内进行干燥,完全干燥后取出粘台,镀金,用扫描电子显微镜 (JEOL 7500F) 进行观察^[13]。

1.2.5 植物叶片重金属含量的测定 将清洗干净的叶片放入烘箱中烘干,用粉碎机粉碎;准确称取 0.5 g 试样干样于 200 mL 锥形瓶中;加入混合酸 ($V_{\text{硝酸}} : V_{\text{高氯酸}} = 4 : 1$) 加盖过夜,于电炉上低温 (<170 ℃) 消解,消解完全后转移至 25 mL 刻度试管中加水定容至刻度,混匀,作为试样溶液。用原子吸收光谱法测定消解液中锌、铜、镍 (Ni)、铬 (Cr)、铅和镉的含量^[9]。

1.2.6 数据分析 试验所得数据用 SPSS 21.0 软件进行分析,同时用 Excel 2003 软件进行表格制作,用 Photoshop 软件对电镜扫描图像进行效果增强处理^[14]。

2 结果与分析

2.1 植物的单位叶面积滞尘量分析

由表 1 可知,8 种灌木的单位叶面积滞尘量差异较大,其中单位叶面积滞尘能力最强的是小叶黄杨,平均滞尘量为 3.705 6 g/m²;单位叶面积滞尘量最小的是珍珠绣线菊,平均滞尘量为 1.106 0 g/m²。小叶黄杨的平均滞尘量约是珍珠绣线菊的 3 倍。落叶灌木中,除了紫叶小檗的平均单位叶面积滞尘量较大外,常绿灌木的平均单位叶面积滞尘量大于落叶灌木。8 种灌木的平均单位叶面积滞尘能力排序为小叶黄杨 > 枸骨 > 海桐 > 紫叶小檗 > 珊瑚树 > 迎春 > 棣棠 > 珍珠绣线菊。

表 1 8 种灌木单位叶面积滞尘量

植物名称	单位叶面积滞尘量 (g/m ²)					均值排序
	3 d	6 d	9 d	12 d	平均	
小叶黄杨	0.917 4	2.557 9	3.379 4	7.967 6	3.705 6	1
枸骨	0.458 0	2.539 9	3.579 6	4.709 3	2.821 7	2
海桐	0.579 3	2.095 4	3.208 7	4.212 0	2.523 9	3
紫叶小檗	0.175 4	0.521 4	3.115 8	4.251 9	2.016 1	4
珊瑚树	0.448 3	0.978 8	1.466 0	2.011 9	1.326 3	5
迎春	0.220 8	0.923 0	1.107 9	2.911 1	1.290 7	6
棣棠	0.334 2	0.748 6	1.874 4	2.059 7	1.254 2	7
珍珠绣线菊	0.349 5	0.826 7	1.401 8	1.845 8	1.106 0	8

2.2 植物的单株滞尘量分析

如图 1 所示,小叶黄杨的单株滞尘量最大,达到 187.364 9 g/株,而单株滞尘量最小的是棣棠,为 12.166 9 g/株,单株滞尘量最大值为最小值的 15 倍。紫叶小檗的平均单位叶面积滞尘量排名第 4,而单株滞尘量上升到第 2;迎春的平均单位叶面积滞尘量排名第 6,而单株滞尘量上升到第 4;珍珠绣线菊的平均单位叶面积滞尘量排名第 8,而单株滞尘量上升到第 6。分析其原因,可能由于紫叶小檗、迎春和珍珠绣线菊植株的总叶面积较大,使得单株滞尘量变大。此外,枸骨的平均单位叶面积滞尘量排名第 2,单株滞尘量降至第 3;海桐的平均单位叶面积滞尘量排名第 3,而单株滞尘量降至第 5;珊瑚树的平均单位叶面积滞尘量排名第 5,而单株滞尘量降至第 7;棣棠的平均单位叶面积滞尘量排名

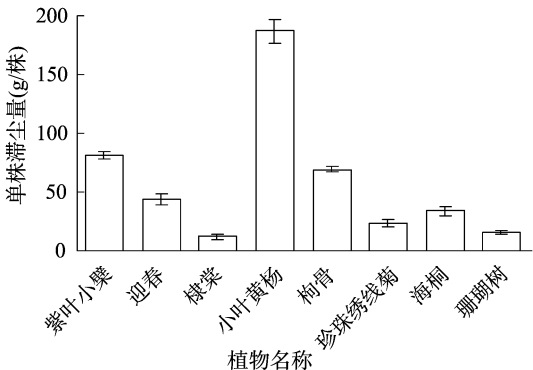
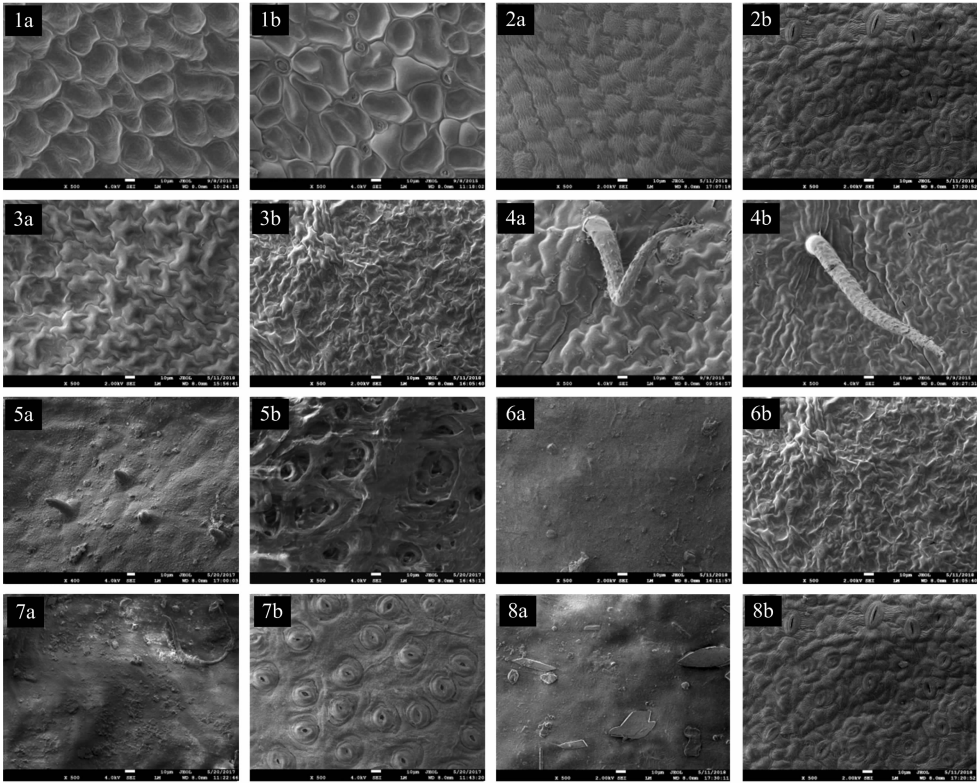


图1 8 种灌木的单株滞尘量

第 7,而单株滞尘量降至第 8。究其原因,可能由于枸骨、海

桐、珊瑚树和棣棠的植株总叶面积较小,使得其单株滞尘量较小。8 种灌木的单株滞尘量表现为小叶黄杨>紫叶小檗>枸骨>迎春>海桐>珍珠绣线菊>珊瑚树>棣棠。通过对比分析表明,单株滞尘量大、枝叶茂密、叶量多、总叶面积大的树种,其单株滞尘能力就越强。



1a—紫叶小檗叶片上表面; 1b—紫叶小檗叶片下表面; 2a—迎春叶片上表面; 2b—迎春叶片下表面; 3a—珍珠绣线菊叶片上表面; 3b—珍珠绣线菊叶片下表面; 4a—棣棠叶片上表面; 4b—棣棠叶片下表面; 5a—小叶黄杨叶片上表面; 5b—小叶黄杨叶片下表面; 6a—枸骨叶片上表面; 6b—枸骨叶片下表面; 7a—海桐叶片上表面; 7b—海桐叶片下表面; 8a—珊瑚树叶片上表面; 8b—珊瑚树叶片下表面

图2 8 种灌木的电镜扫描图像(× 500)

在落叶灌木中,紫叶小檗的上下表面均相对光滑,但均具有较厚的蜡质结构且有明显的凹槽,同时叶片下表面的气孔多处于开口状态,容易吸附空气中的颗粒物,使其滞尘量较高。迎春叶片上表面粗糙,呈网状结构,下表面具有密集、处于开口状态的气孔,容易将大气颗粒物吸附且不易被风吹走;珍珠绣线菊的叶片上表面具有脊状褶皱,有茸毛,下表面气孔多但呈关闭状态,滞尘量较小;棣棠叶表面相对光滑,气孔较少,滞尘能力较弱。在常绿灌木中,小叶黄杨、枸骨和海桐的叶片表面有很厚的蜡质层,气孔分布均匀密集,气孔较大且呈圆形凸起,滞尘量较大;珊瑚树的叶表面较平滑,具有瘤状突起和较浅沟槽,气孔平整且开口较小或不开口,不利于尘土的滞留。经过对比分析可知,叶表面粗糙、具蜡质层、有明显沟槽、气孔多且开口较大的结构有利于滞尘。

2.4 植物叶片重金属含量及与滞尘量的关系分析

2.4.1 8 种灌木叶片重金属含量的分析 由图 3 可以看出,8 种灌木叶片内的重金属含量差别很大,其中 Cd 含量最低,平均为 250. 009 mg/kg,而含量最高的是 Zn,平均为 8 066. 46 mg/kg,约是 Cd 含量的 32 倍。8 种灌木叶片中不同重金属含量的排序为 Zn>Cu>Ni>Pb>Cr>Cd,表明大气颗粒物中重金属的浓度不同,Cu、Zn 在大气颗粒物中的浓度较

2.3 植物叶表面结构的分析

通过电镜扫描获得 8 种供试植物上、下叶表面结构图像,详见图 2。结合植物单位叶面积滞尘量可知,由于植物种类不同,其叶表面微观结构存在明显差异,其单位叶面积滞尘量也不同。

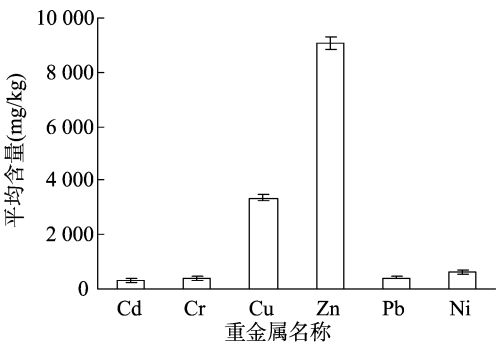


图3 8 种灌木叶片重金属的平均含量

高,Cd 的浓度最低。
2.4.2 8 种灌木吸收重金属总量的分析 由图 4 可以看出,不同灌木对于重金属的富集能力不同,其中,枸骨、海桐和珊瑚树对重金属的富集能力较强,棣棠、迎春和紫叶小檗对重金属的富集能力较弱。对重金属富集能力最强的枸骨,其叶片内的重金属含量达到 39 194. 94 mg/kg,是富集能力最弱的迎春(12 376. 04 mg/kg)的 3. 2 倍。8 种灌木对于重金属的富集能力由强到弱排序为枸骨>海桐>珊瑚树>小叶黄杨>珍珠绣线菊>棣棠>紫叶小檗>迎春。

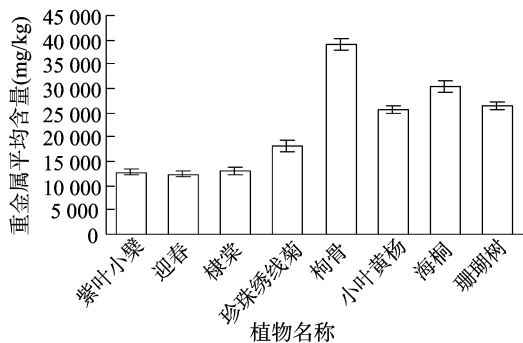


图4 8种灌木叶片的总重金属含量

2.4.3 8种灌木吸收重金属含量与滞尘量的相关性分析

由表2可知,除了Pb之外,灌木叶片中重金属含量与滞尘量之间均存在一定的正相关性,Cd、Cr、Cu、Ni、Zn含量与滞尘量间的相关系数均达到0.6以上,尤其是Cd的相关系数最高,达到0.886,呈显著正相关,说明叶片中重金属含量受叶片滞尘量变化的影响较大,滞尘量越大,叶片内重金属含量越高。

表2 8种灌木叶片各重金属含量与滞尘量的相关系数

因素	相关系数					
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
滞尘量	0.886 *	0.677	0.616	0.686	0.256	0.606

注: *表示在0.05水平上显著相关。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)单位叶面积和单株滞尘量。8种灌木的单位叶面积滞尘能力表现为小叶黄杨>枸骨>海桐>紫叶小檗>珊瑚树>迎春>槲榆>珍珠绣线菊。小叶黄杨和紫叶小檗的单株滞尘量较大,珊瑚树和槲榆的单株滞尘量较小。通过对比分析表明,单株滞尘量大、枝叶茂密、叶量大的树种,其植物的单株滞尘能力会越强。

(2)叶表面结构与滞尘量的关系。研究表明,小叶黄杨的单位叶面积滞尘能力较强,珍珠绣线菊的滞尘能力较弱。通过植物滞尘量与叶表面结构的对比分析可知,叶表面粗糙、具有蜡质层、有明显沟槽、气孔多且开口较大的结构有利于滞尘。

(3)滞尘量与重金属含量间的关系。8种灌木叶片中重金属含量最低的是Cd,最多的是Zn,8种灌木叶片中不同重金属含量的排序为Zn>Cu>Ni>Pb>Cr>Cd。8种灌木对于重金属的富集能力由强到弱排序为枸骨>海桐>珊瑚树>小叶黄杨>珍珠绣线菊>槲榆>紫叶小檗>迎春。8种灌木叶片的单位叶面积滞尘量与叶片内重金属含量之间存在一定的正相关关系,表明叶片的滞尘量越大,叶片内的重金属含量越高。

3.2 讨论

研究表明,小叶黄杨的单位叶面积滞尘能力较强,珍珠绣线菊的滞尘能力较弱。小叶黄杨和紫叶小檗的单株滞尘量较大,珊瑚树和槲榆的单株滞尘量较小。由于本试验过程中降雨频繁,植物最大滞尘量的变化还有待深入研究。通过对比分析表明,枝叶茂密、叶量多、总叶面积大的树种,其单株滞尘能力就会越强。小叶黄杨、紫叶小檗的单位叶面积滞尘量和单株滞尘量均表现出了明显的优势,建议在植物配置中,不仅要考虑符合地域条件和植物本身的美观性,还要考虑到其生

态效益的发挥。

经过对比分析可知,叶表面粗糙、具蜡质层、有明显沟槽、气孔多且开口较大的结构有利于滞尘,这与Freer-Smith等的研究结果^[15]相同。另外本研究发现,叶表面具有瘤状突起的灌木滞尘能力较弱,如连翘、珊瑚树等,这与陈志刚的研究结果^[16]一致。有些植物虽然其微观结构不利于滞留粉尘,但是其叶片形态有利于颗粒物的积累,例如海桐叶脉下凹形成沟槽,也有利于粉尘的滞留。

8种灌木叶片内的Cu、Zn含量较高,Cd含量最低,推测可能与车辆的金属制动器与轮胎摩擦,以及煤炭燃烧和机械制造引起的空气中Cu、Zn浓度较大有关。此外,通过研究得出8种灌木叶片的单位叶面积滞尘量与叶片内重金属含量之间存在一定的正相关关系,表明叶片的滞尘量越大,叶片内重金属含量越高,这与王丹丹等的研究结果^[9]相似。原因可能是滞尘量越大,叶面尘内的重金属含量越大,叶片吸收的重金属就越多。但是叶片内Pb的含量与滞尘量的相关系数较低,可能与元素的吸收转移过程或由于其原子半径较大不易被吸收有关,具体原因还有待深入研究。

参考文献:

- [1]马远,贾雨龙,王成,等.北京市3种道路防护林春季滞尘规律研究[J].林业科学研究,2018,31(2):147-155.
- [2]杨有芹,余燕.4种校园常见观赏灌木滞尘效果分析[J].西华师范大学学报,2018,39(1):38-42.
- [3]谢英赞,何平,方文,等.北碚城区不同绿地类型常用绿化树种滞尘效应研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2014,39(1):97-104.
- [4]赵松婷,李新宇,李延明.园林植物滞留不同粒径大气颗粒物的特征及规律[J].生态环境学报,2014,23(2):271-276.
- [5]张桐,洪秀玲,孙立伟,等.6种植物叶片的滞尘能力与其叶面结构的关系[J].北京林业大学学报,2017,39(6):70-77.
- [6]齐飞艳,朱彦峰,赵勇,等.郑州市园林植物滞留大气颗粒物能力的研究[J].河南农业大学学报,2009,43(3):256-259.
- [7]李艳芹,李艳梅,梁茂,等.绿化树种滞尘及对重金属的吸净效应[J].现代农业科技,2016(5):212-217.
- [8]刘将,周春玲,宋慧慧.草地早熟禾对叶面尘与土壤重金属的吸收作用[J].北方园艺,2014(15):81-84.
- [9]王丹丹,孙峰,周春玲,等.城市道路植物圆柏叶片重金属含量及其与滞尘的关系[J].生态环境学报,2012,21(5):947-951.
- [10]江胜利,金荷仙,许小连.杭州市常见道路绿化植物滞尘能力研究[J].浙江林业科技,2011,31(6):45-49.
- [11]马婧.城市绿地滞尘能力的研究进展[J].工程技术,2008,8(36):108-109.
- [12]柴一新,祝宁,韩焕金.城市绿化树种的滞尘效应——以哈尔滨市为例[J].应用生态学报,2002,13(9):1121-1126.
- [13]陆锡东,李萍娇,贺庆梅,等.宜州城区5种行道树叶表面特征及滞尘效果比较[J].河池学院学报,2014,34(5):37-43.
- [14]孙晓丹,李海梅,郭霄,等.10种灌木树种滞留大气颗粒物的能力[J].环境工程学报,2017,11(2):1047-1054.
- [15]Freer-Smith P H, Holloway S, Goodman A. The uptake of particulates by an urban woodland: site description and particulate composition[J]. Environmental Pollution, 1997, 95(1):27-35.
- [16]陈志刚.大连市绿化树种滞尘效益的研究[J].安徽农学通报(下半月刊),2011,17(18):130-133.